

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-279076

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl. G06F 17/60
G06F 19/00

(21)Application number : 2001-076928

(71)Applicant : PASUKO:KK

(22)Date of filing : 16.03.2001

(72)Inventor : SATO MITSURU
SAYAMA TETSUYA
MIURA MASARU
ARIMA DAISUKE
BAIDA KENICHI
SHIBATA FUJIKO

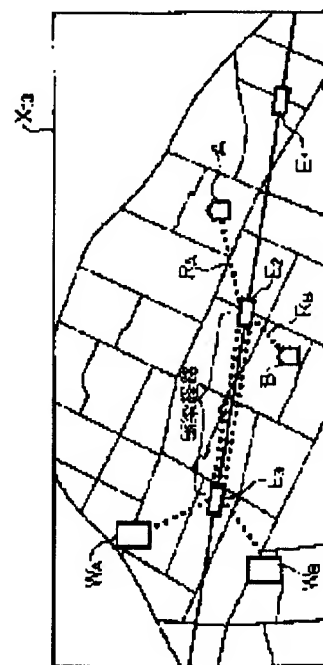
(54) SYSTEM FOR ANALYZING INFECTIVE DISEASE PROPAGATION AND SYSTEM FOR SIMULATING PROPAGATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a propagation simulating system for analyzing the propagation mechanism of infective disease through the use of a sideration density relative model and a propagation speed relative model.

SOLUTION: An infective disease propagation analyzing system and the propagation simulating system are provided based on infective disease sideration state information, map information and a population density information at each division unit. The first and the second sideration persons are selected from a sideration person group within a prescribed sideration period in sideration state information, behavior information RA and RB of the two are superimposed on a map and the superimposed part is adopted as an infective propagation place. The sideration density relative model for obtaining the index of a sideration density for the population density concerning the sideration division unit and the propagation speed relative model for obtaining the propagation speed of the infective disease from infection place position information and sideration time information and obtaining the index of the propagation speed for the population density concerning the sideration division unit are generated. Then the number of sideration people by designated division unit is calculated from the both models so as to perform a propagation simulation.

図3



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 17.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

JP2002279076

Title:

**SYSTEM FOR ANALYZING INFECTIVE DISEASE PROPAGATION AND
SYSTEM FOR SIMULATING PROPAGATION**

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a propagation simulating system for analyzing the propagation mechanism of infective disease through the use of a sideration density relative model and a propagation speed relative model. **SOLUTION:** An infective disease propagation analyzing system and the propagation simulating system are provided based on infective disease sideration state information, map information and a population density information at each division unit. The first and the second sideration persons are selected from a sideration person group within a prescribed sideration period in sideration state information, behavior information RA and RB of the two are superimposed on a map and the superimposed part is adopted as an infective propagation place. The sideration density relative model for obtaining the index of a sideration density for the population density concerning the sideration division unit and the propagation speed relative model for obtaining the propagation speed of the infective disease from infection place position information and sideration time information and obtaining the index of the propagation speed for the population density concerning the sideration division unit are generated. Then the number of sideration people by designated division unit is calculated from the both models so as to perform a propagation simulation.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-279076

(P2002-279076A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int.Cl. ⁷	識別番号	F I	テーマコード* (参考)
G 0 6 F 17/60	1 2 6	G 0 6 F 17/60	1 2 6 Z
19/00	1 1 0	19/00	1 1 0

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-76928(P2001-76928)

(22) 出願日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(71) 出願人 000135771

株式会社バスコ

東京都目黒区東山1丁目1番2号

(72) 発明者 佐藤 充

東京都目黒区東山1-1-2 株式会社バスコ内

(72) 発明者 佐山 哲也

東京都目黒区東山1-1-2 株式会社バスコ内

(74) 代理人 10007/517

弁理士 石田 敬 (外4名)

最終頁に続く

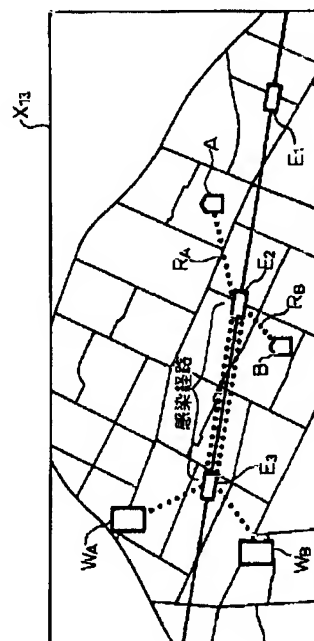
(54) 【発明の名称】 感染症伝播解析システム及びその伝播シミュレーションシステム

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、感染症の伝播メカニズムを解析し、発症密度相関モデルと伝播速度相関モデルによる伝播シミュレーションシステムを提供する。

【解決手段】 感染症の発症状況情報と地図情報及び区域単位毎の人口密度情報を含む地図関連情報に基づいた感染症の伝播解析システム及び伝播シミュレーションシステムであり、発症状況情報中の所定発症期間内の発症者群から第1号及び第2号発症者を選定し、この2者の行動情報 R_A 、 R_B を地図上で重ね合わせ、重なった部分を感染伝播地とする。発症状況情報に基づき、発症区域単位に係る人口密度に対する発症密度の指標を求める発症密度相関モデルと、感染場所の位置情報と発症時刻情報とで感染症の伝播速度を求め、発症区域単位に係る人口密度に対する伝播速度の指標を求める伝播速度相関モデルとを作成し、両モデルから、指定した区域単位の発症者数を算出して伝播シミュレーションを行う。

図3



【特許請求の範囲】

【請求項1】 感染症に関する発症状況情報と、地図情報及び区域単位毎の人口密度情報を含む地図関連情報とに基づいて、感染症の伝播を解析するシステムであって、

前記発症状況情報に含まれる複数の発症者に係る行動情報を前記地図情報に関連付け、前記感染症の感染場所を特定する感染路解析手段を有する感染症伝播解析システム。

【請求項2】 前記感染路解析手段は、前記発症状況情報における所定の発症期間内の発症者群から第1号発症者と第2号発症者を選定し、第1号発症者と第2号発症者に基づいて前記感染場所を特定し、該感染場所を感染伝播地とする請求項1に記載の感染症伝播解析システム。

【請求項3】 前記発症状況情報に含まれる発症者情報に基づいて、発症区域単位に係る人口密度に対する発症密度の相関を求める発症密度相関モデル作成手段を有する請求項1又は2に記載の感染症伝播解析システム。

【請求項4】 前記感染場所の位置情報と前記発症状況情報に含まれる発症時刻情報とに基づいて前記感染症の伝播速度を求め、発症区域単位に係る人口密度に対する伝播速度の相関を求める伝播速度相関モデル作成手段を有する請求項1乃至3のいずれか一項に記載の感染症伝播解析システム。

【請求項5】 前記発症密度相関モデル作成手段は、前記発症時刻情報に基づいて所定時間経過毎の発症密度相関モデルを作成する請求項3又は4に記載の感染症伝播解析システム。

【請求項6】 地図情報における区域単位毎の人口密度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標を格納する格納手段と、

前記格納手段から、指定した感染源地に係る前記区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲を求める解析手段と、前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを有する感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項7】 前記格納手段は、人口密度に対する感染症の発症密度指標を格納しており、前記解析手段は、前記伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の発症者数を求める請求項6に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項8】 前記格納手段には、時間経過毎の発症密度指標が格納されている請求項7に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項9】 前記解析手段は、前記時間経過毎に前記伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する時間経過毎の前記発症密度指標を読み出し、

し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の時間経過毎の発症者数を求める請求項8に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項10】 前記伝播速度指標は、発症状況情報に含まれる当該感染症の発症者に係る行動情報と、該発症者の発症時刻情報とに基づいて作成された、前記発症者に係る区域単位の人口密度に対する伝播速度の相関モデルである請求項6乃至9のいずれか一項に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項11】 前記発症密度指標は、発症状況情報に含まれる当該感染症の発症者情報に基づいて作成された、当該感染症の発症者に係る区域単位毎の人口密度に対する発症密度の相関モデルである請求項6乃至9のいずれか一項に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項12】 前記出力手段は、前記解析手段による解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示する請求項6乃至11のいずれか一項に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項13】 前記出力手段は、前記解析手段による時間経過毎の解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示する請求項8乃至11のいずれか一項に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項14】 地図情報における区域単位毎の人口密度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標、人口密度に対する感染症の発症密度指標を格納する格納手段と、

発症状況情報に含まれる複数の発症者に係る行動情報を前記地図情報に関連付け、当該感染症の感染源地を特定する感染路解析手段と、

前記格納手段から、特定された前記感染源地に係る前記区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の発症者数を求める解析手段と、

前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを有する感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項15】 前記格納手段には、時間経過毎の発症密度指標が格納されており、

前記解析手段は、前記時間経過毎に前記伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する時間経過毎の前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の時間経過毎の発症者数を求め、

前記出力手段は、前記解析手段による時間経過毎の解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示する請求項14に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項16】 地図情報における区域単位毎の人口密

度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標を格納する格納手段と、

取り込まれた発症状況情報に含まれる発症者時刻情報と感染場所の位置情報に基づいて前記感染症の前記伝播速度指標を更新する伝播速度相関モデル作成手段と、前記格納手段から、指定の感染源地に係る区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲を求める解析手段と、前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを有する感染症伝播シミュレーションシステム。

【請求項17】 前記格納手段は、人口密度に対する感染症の時間経過毎の発症密度指標を格納し、前記発症状況情報に含まれる発症者情報に基づいて前記感染密度指標を更新する発症密度相関モデル作成手段を有し、前記解析手段は、求めた前記伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の前記時間経過毎の発症者数を求め、前記出力手段は、前記解析手段による時間経過毎の解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示する請求項16に記載の感染症伝播シミュレーションシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、感染症伝播解析システム及びその伝播シミュレーションシステムに関し、特に、感染症固有の伝播メカニズムについて解析し、この解析結果に基づいて感染症の伝播に関するシミュレーションを行うことに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、感染症、例えば、結核、インフルエンザ、百日咳、麻疹等について、国或いは地域の保健機関から、それらの発症状況が公表されている。この公表により、各医療機関に、或いは、住民に対して、注意を喚起し、予防措置を講ずるように促している。

【0003】我が国の場合には、例えば、インフルエンザであれば、各保健所からは、週に1回、その発症状況が国立感染症研究所の感染症情報センターに報告され、同センターは、その報告を纏めて報告書を出している。この報告書により、インフルエンザの発症地域、発症者数等を把握することができる。また、外国では、保健衛生機関が、感染症の発生状況を示す感染症統計情報を、地理情報システム（GIS）を活用して地理的に整理し、各地域の発生状況を表示し、公表している。我が国においても、このGISを利用して感染症に関する地理的発症分布の整理を行うようになってきている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、感染症の発症状況に関する統計情報を、GIS利用により地理

的発症分布を整理し公表しているが、この地理的発症分布は、発症がどこであったかをGIS上で定量的に示しているだけであり、感染症の発症状況に関する現状把握に止まるものである。

【0005】医療機関等は、この地理的発症分布の情報を得ても、感染症の流行等の分析には、過去の経験、或いは医師の知識を踏まえて分析しなければならなかった。また、この地理的発症分布の情報だけでは、感染症固有の伝播メカニズムを解析することは不可能であった。そのため、医療機関等は、感染症に対する予防策を講じることが難しかった。

【0006】そして、例えば、インフルエンザの場合には、今回流行する型が何であるかを特定し、さらに、流行するインフルエンザに対応するワクチンを、どの地域にはどれだけの量を用意すればよいか、過去の経験に基づいて対処していた。そこで、本発明は、感染症の伝播メカニズムを、伝播速度相関モデルと時系列発症密度相関モデルとを作成することにより、伝播指標として解析できるシステムを提供し、さらに、これらの伝播指標を用いて感染症の伝播シミュレーションを行うことができるシステムを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】以上の課題を解決するために、本発明では、感染症に関する発症状況情報と、地図情報及び区域単位毎の人口密度情報を含む地図関連情報とに基づいて、感染症の伝播を解析するシステムにおいて、前記発症状況情報に含まれる複数の発症者に係る行動情報を前記地図情報に関連付け、前記感染症の感染場所を特定する感染路解析手段を備えた。

【0008】そして、前記感染路解析手段は、前記発症状況情報における所定の発症期間内の発症者群から第1号発症者と第2号発症者を選定し、第1号発症者と第2号発症者に基づいて前記感染場所を特定し、該感染場所を感染伝播地とするようにした。さらに、前記解析システムには、前記発症状況情報に含まれる発症者情報に基づいて、発症区域単位に係る人口密度に対する発症密度の相関を求める発症密度相関モデル作成手段、前記感染場所の位置情報と前記発症状況情報に含まれる発症時刻情報とに基づいて前記感染症の伝播速度を求め、発症区域単位に係る人口密度に対する伝播速度の相関を求める伝播速度相関モデル作成手段を備え、前記発症密度相関モデル作成手段は、前記発症時刻情報に基づいて所定時間経過毎の発症密度相関モデルを作成できるようにした。

【0009】また、本発明による感染症伝播シミュレーションシステムにおいて、地図情報における区域単位毎の人口密度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標を格納する格納手段と、前記格納手段から、指定した感染源地に係る前記区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲

を求める解析手段と、前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを備えた。

【0010】そして、前記格納手段は、人口密度に対する感染症の発症密度指標を格納しており、前記解析手段は、前記伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の発症者数を求めるようにした。さらに、前記格納手段には、時間経過毎の発症密度指標が格納されており、前記解析手段は、前記時間経過毎に前記伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する時間経過毎の前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の時間経過毎の発症者数を求めるようにした。

【0011】また、前記伝播速度指標は、発症状況情報に含まれる当該感染症の発症者に係る行動情報と、該発症者の発症時刻情報とに基づいて作成された、前記発症者に係る区域単位の人口密度に対する伝播速度の関連モデルとし、前記発症密度指標は、発症状況情報に含まれる当該感染症の発症者情報に基づいて作成された、当該感染症の発症者に係る区域単位毎の人口密度に対する発症密度の関連モデルとした。

【0012】前記出力手段は、前記解析手段による解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示でき、前記解析手段による時間経過毎の解析結果についても、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示できるようにした。またさらに、本発明による感染症伝播シミュレーションシステムにおいて、地図情報における区域単位毎の人口密度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標、人口密度に対する感染症の発症密度指標を格納する格納手段と、発症状況情報に含まれる複数の発症者に係る行動情報を前記地図情報に関連付け、当該感染症の感染源地を特定する感染路解析手段と、前記格納手段から、特定された前記感染源地に係る前記区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の発症者数を求める解析手段と、前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを備えた。

【0013】そして、前記格納手段には、時間経過毎の発症密度指標が格納されており、前記解析手段は、前記時間経過毎に前記伝播範囲を求め、該伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する時間経過毎の前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の時間経過毎の発症者数を求め、前記出力手段は、前記解析手段による時間経過毎の解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示するようにした。

【0014】そしてさらに、本発明による感染症伝播シミュレーションシステムにおいて、地図情報における区

域単位毎の人口密度情報、人口密度に対する感染症の伝播速度指標を格納する格納手段と、取り込まれた発症状況情報に含まれる発症者時刻情報と感染場所の位置情報に基づいて前記感染症の前記伝播速度指標を更新する伝播速度関連モデル作成手段と、前記格納手段から、指定の感染源地に係る区域単位の人口密度に対応する前記伝播速度指標を読み出し、前記感染源地からの伝播範囲を求める解析手段と、前記解析手段による解析結果を出力する出力手段とを備えた。

【0015】前記格納手段は、人口密度に対する感染症の時間経過毎の発症密度指標を格納し、前記発症状況情報に含まれる発症者情報に基づいて前記感染密度指標を更新する発症密度関連モデル作成手段を有し、前記解析手段は、求めた前記伝播範囲内に係る区域単位毎の人口密度に対応する前記発症密度指標を読み出し、前記人口密度情報に基づき当該区域単位毎の前記時間経過毎の発症者数を求め、前記出力手段は、前記解析手段による時間経過毎の解析結果を、前記地図情報上で区域単位毎に関連付けて表示するようにした。

【0016】

【発明の実施の形態】次に、本発明による感染症伝播解析システム及びその伝播シミュレーションシステムに関する実施形態について、図を参照しながら以下に説明する。まず、感染症の伝播メカニズムの解析処理について、図1乃至図5を参照して説明する。

【0017】感染症の発症状況の概要については、国立感染症研究所の感染症情報センターから公表されるが、その感染症の発症者に関する詳細な発症状況情報は、定点観測所である医療機関から取得することができる。まず、感染症の発症に係る地域に係る地図情報については、通常、GISに備えられたものを使用することができる。ただ、感染症の発症状況検討の最小単位を町・丁目として、この単位を1次区域単位と設定し、さらに広い単位を市町村区域として2次区域単位と、そして、都道府県単位として3次区域単位と設定する。その地図情報の地図属性データとして、各区域単位に、人口に関してその総数、男女別数、5歳階級別数、面積、人口密度等をデータベース化しておく。

【0018】一方、発症状況情報から、各発症者の発症場所や行動経路に関わる情報をGIS上に展開することにより、発症者間で感染がどのように伝播したか、感染の規模が時系列でどのように変化したかについて、その地理的関連性を把握することができる。即ち、発症状況の詳細情報に含まれる、発症者の自宅住所、就業又は就学場所の所在地、定期的な訪問場所等はポイントデータとして、通勤又は通学の経路、定期的な訪問場所への経路等はラインデータとして、また、発症したと考えられる日時（以下、発症時刻という。）、発症者の年齢・性別・職業等のテキストデータは発症者の属性データとしてデータベース化しておく。

【0019】これらの発症状況の各データをGIS上に展開し重ね合わせるにより、発症者が当該感染症に感染した可能性が大きい施設又は経路を感染伝播地として特定することができ、さらに、発症者間の発症時刻から当該感染症の伝播速度を求めることができる。また、GIS上に展開した発症場所を前記1次区域単位毎に集計し、発症時刻によって時系列に整理することにより、時系列発症密度を求めることができる。

【0020】ここで、感染症の伝播メカニズム解析を実現するために必要な伝播速度の求め方について詳述する。まず、発症状況データベースから、ある感染症の発症状況検討範囲内において、最も早く発症した発症時刻の発症者について、第1号発症者としてポイントデータ及びラインデータを読み出し、GIS画面に表示する。

【0021】表示されたGIS画面の一例を図1に示す。図1においては、地図情報が、画面X₁₁内に1次区域単位で区分されて表示され、そして、鉄道が敷設され、駅E₁乃至E₃を配置された状態が示されている。ここで、ポイントデータに含まれる自宅住所と就業場所所在地により、GIS機能を用いて発症者宅Aと就業場所W_AをGIS画面に表示する。そして、ラインデータに含まれる通勤経路についても同様にGIS画面に表示する。

【0022】画面X₁₁では、第1号発症者は、発症時刻に発症者宅Aから出かけ、駅E₂で乗車し、駅E₃で降車し、就業場所W_Aに通勤していることが分かり、第1号発症者の行動経路が、R_Aとして表示(破線)され、特定される。次に、発症状況データベースに基づいて、第1号発症者の発症時刻に次いで早い発症時刻の発症者を、第1号発症者が属する1次区域単位から検索する。ただし、このとき、第1号発症者の同居人は除くものとする。

【0023】そして、1次区域単位内で該当する発症者が見つからない場合には、当該1次区域を含む次に広い2次区域単に検索範囲を拡大し、発症者時刻の早い順に検索する。それでも見つからない場合には、その3次区域単位に検索範囲を拡大していく。最小単位から検索するのは、範囲が拡大されれば、それだけ感染の確度が低くなり、検索効率を高めるためである。

【0024】また、第2号発症者候補を検索する際に、第2号発症者候補の発症時刻が、第1号発症者の発症時刻から、例えば、72時間以上経過している場合には、第2号発症者候補の発症は、時間的に見て、第1号発症者からの感染によるものであるかどうか疑わしくなるため、72時間以上経過した発症時刻の発症者しか見つからない場合には、第2号発症者候補の検索を終了する。

【0025】第2号発症者候補が見つかった場合には、第1号発症者のときと同様に、発症状況データベースから、ポイントデータ及びラインデータを読み出し、画面

X₁₁に表示された第1号発症者の行動経路に重ね合わせ処理を行う。その結果を、図2の画面X₁₂に示した。画面X₁₂では、第1号発症者の行動経路R_Aに加えて、発症者候補の行動経路R_Bが示されている。行動経路R_Bは、発症者候補の自宅Bから、駅E₂及びE₃を経由して就業場所W_Bに至るものである。画面X₁₂に示された例では、行動経路R_Aと行動経路R_Bは、駅E₂と駅E₃との区間で重なっている。このことから、第1号発症者と発症者候補とは、当該区間に於いて感染した蓋然性が高いと推定できる。

【0026】そこで、画面X₁₃に示されるように、今回検索された発症者候補を第2号発症者と判断して特定し、第1号発症者と第2号発症者の行動経路が重なる駅E₂と駅E₃との区間を感染経路とし、当該感染症の伝播地とする。なお、画面X₁₂には、第1号発症者の行動経路R_Aと第2号発症者の行動経路R_Bが重なった例を示したが、感染源が異なる場合には、これらの行動経路が重なるとは限らない。そのため、画面X₁₂において、行動経路R_Bが行動経路R_Aと重ならないときには、今回検索した発症者を第2号発症者とはできないので、今回検索した発症者の発症時刻に次いで早い発症時刻の発症者を再度検索する。

【0027】そして、該当する発症者が見つかったならば、画面X₁₂の様に、その発症者の行動経路が第1号発症者の行動経路R_Aと重なるかどうかを判定する。この検索処理を、検索した発症者の行動経路が第1号発症者の行動経路R_Aと重なるまで繰り返す。ただ、このときも、上述したように、時間的制限があり、例えば、発症時刻が72時間以上経過したものは検索せず、その範囲で第2号発症者の候補がなければ、感染経路を特定できないとして、感染症伝播の解析を終了する。

【0028】以上の図1乃至図3で示された例では、伝播地の特定として、感染経路がラインデータに基づく場合についてであったが、次に、図4及び図5を参照して、定期的に訪れる場所又は施設が伝播地となる場合を説明する。画面X₁₁で示した場合と同様に、発症状況データベースに基づいて、ある感染症の発症期間内で発症時刻の最も早い発症者を検索する。この発症者を第1号発症者とし、当該発症者に係るポイントデータ及びラインデータを読み出す。そして、これらのデータをGIS上の地図情報に関連付け、図4に示されるように、画面X₂₁に表示する。

【0029】画面X₂₁では、第1号発症者が、自宅Cから行動経路R_Cを経由して施設Mに定期的に訪れた様子が示されている。第2号発症者候補の選択は、感染経路がラインデータに基づく場合と同様に、発症状況データベースに基づいて、第1号発症者に次いで早い発症時刻の発症者を、第1号発症者が属する1次区域単位から検索する。なお、第1号発症者の同居人、及び、第1号発症者の発症時刻から、例えば、72時間以上経過して発

症した発症者は、検索対象外とし、また、検索すべき1次区域単位に発症者候補がいなければ、順次検索範囲を拡大していく。

【0030】ここで、第2号発症者候補が見つかったならば、発症状況データベースから当該発症者に係るポイントデータとラインデータを読み出す。そして、GIS上の地図情報と関連付けて、第1号発症者の行動経路 R_c に第2号発症者候補の行動経路 R_D を重ね合わせる。その様子を、図5の画面 X_{22} に示した。画面 X_{22} の例では、第2号発症者候補が自宅Dから行動経路 R_D を経由して施設Mに定期的に訪れた様子が現れている。ここで、両者は、共通する施設Mに定期的に訪れており、施設Mにおいて、第2号発症者候補は、第1号発症者から感染した蓋然性が高いと判断できるので、第2号発症者候補を第2号発症者と特定する。

【0031】第2号発症者が特定されたならば、第1号発症者と第2号発症者の発症時刻から伝播時間を求め、さらに、GIS上から両者間の距離を求めて、伝播速度を算出する。なお、発症者候補の行動経路が、GIS上で重なる部分がない場合には、次の発症者候補を検索し、画面 X_{22} に示したと同様の処理を行う。この場合でも、発症時刻からの時間的制限がなされる。

【0032】以上の様にして、特定の期間及び特定地域における感染症の感染に係る伝播地が特定され、そして、その伝播速度を求めることができる。ところで、感染症の感染には、人と人との接触度合いが高ければ、それだけ感染による発症も増加することになり、また、その感染する速さも早いとすることができる。つまり、人口密度が高い地域では、感染する密度も高く、また、感染速度も速いと予想することができる。

【0033】この様なことから、伝播メカニズムの指標として、過去事例による発症状況データベースに基づき、人口密度に対する伝播速度相関モデルと、時系列による人口密度に対する発症密度相関モデルを作成する。以下に、この様にして作成された指標の具体例について、図6及び図7を参照しながら説明する。

【0034】図6は、人口密度に対する伝播速度相関モデルの一例を示した。横軸は、人口密度 x を、縦軸は伝播速度 V を表している。上述した感染症の伝播速度の解析処理に従って、当該感染症の発症状況データベースに含まれる発症期間毎に、感染伝播地を特定し、その伝播速度を求める。そして、当該伝播地が属する区域単位をGIS上で求めて、当該区域単位の人口密度を属性情報データベースから読み取り、人口密度に対する伝播速度を相関図中にプロットする。

【0035】この様にして、発症状況データベースに含まれる当該感染症の過去事例の全てについて伝播速度を求め、人口密度に対応付けてプロット（黒点で示す）することにより作成した相関図が、図6に示される。そこで、図6の相関図に基づいて、当該感染症に関する人口

密度に対する伝播速度の相関関数 $V(x)$ を求める。この相関関数 $V(x)$ が伝播速度相関モデルであり、この関数から、人口密度 x に対する伝播速度の指標を作成することができる。

【0036】次に、図7に、時系列による、人口密度に対する発症密度相関モデルの例を示した。図中、横軸は、人口密度 x を、そして、縦軸は、発症密度 F を表しており、時系列 $t_1, t_2, \dots, t_n, \dots$ は、感染症の発症経過時間を示しており、その時間間隔を、例えば、12時間とすれば、発症経過時間 t_1 は12時間後を、 t_2 は24時間後を示している。

【0037】発症密度相関モデルを作成するには、まず、発症状況データベースから、当該感染症に係るポイントデータとテキストデータを読み出し、GIS上で、発症経過時間毎に各1次区域単位における発症者数を集計する。そして、1次区域単位毎に、かつ、発症時間経過毎に、集計された発症者数から各区域単位の発症密度を算出する。

【0038】ここで、発症密度を算出できた区域単位に係る人口密度は、属性情報データベースに含まれているので、該当する各区域単位の人口密度を読み取り、算出された発症密度を当該区域単位の人口密度に関連付けて、発症時間経過毎で相関図にプロット（黒点で示す）する。そして、発症時間経過毎に、人口密度に対する発症密度の相関関数 $F_n(x)$ を求める。

【0039】この様にして、当該感染症に係る時系列発症密度相関モデルを作成できる。図7の例では、発症時間経過毎に、発症密度が上昇し、感染が増していることを示しており、感染症の流行が収まれば、相関関数 $F_n(x)$ の傾きが、発症時間経過毎に緩くなれば、その感染症の流行が収まっていくことを示している。この相関関数 $F_n(x)$ による発症密度相関モデルによれば、発症時間経過毎の人口密度に対する発症密度に関する指標を得ることができる。

【0040】次に、以上で説明した感染症のメカニズム解析原理に基づいた本実施形態による感染症の伝播解析システムと、伝播解析システムによって作成される伝播速度相関モデル及び発症密度相関モデルを用いた伝播シミュレーションについて、図を参照しながら説明する。図8に、感染症の伝播解析システム及び伝播シミュレーションシステムを構成するシステムブロック図を示した。これらのシステムは、入力部1、制御部2、解析部3、地図情報データベース5、属性情報データベース6、発症状況データベース7、そして記憶部8で構成されている。

【0041】入力部1は、システムを操作していく上で必要なデータの入力又は指示を行えるものであり、また、通信情報システムを介して外部から必要なデータを取り込むためのインターフェイスも含まれる。制御部2は、GISのシステム制御を行うものであり、各データ

ベースからのデータ読み出し、或いは記憶部への記憶又は読み出しの制御、各部の動作制御を行う。

【0042】解析部3は、図9に示されるように、発症密度解析手段31、伝播速度解析手段32、感染経路解析手段33、感染伝播地設定手段34、伝播シミュレーション解析手段35、発症密度相関モデル作成手段36、そして伝播速度相関モデル作成手段37を含んでいる。出力部4は、表示手段を含み、地図情報等の各種データを画像表示でき、シミュレーション解析結果を画像表示できるとともに、これらの表示画像をプリントアウトすることもできる。また、解析結果を他のシステムに伝送するインターフェイスを含んでも良い。

【0043】地図情報データベース5は、GIS上で地図を表示するための地図データを格納している。また、地図情報データベース5には、感染症発症状況を検討する区域単位となるポリゴンデータが含まれており、最小単位である1次区域単位としては町丁目区域が、さらに広い単位である2次区域単位としては市区町村区域が、そして、3次区域単位としては都道府県区域が、という構成に設定されている。

【0044】属性情報データベース6には、地図情報の各区域単位に関連付けられた属性データとして、人口に関しその総数、男女別数、5歳階級別数、区域面積、人口密度等のデータが格納されている。発症状況データベース7には、ポイントデータ、ラインデータ及びテキストデータが含まれ、ポイントデータとして、発症者の自宅住所、就業又は就学場所の所在地、定期的な訪問場所の所在地等の、ラインデータとして、通勤又は通学の経路、定期的な訪問場所への経路等の、さらに、テキストデータとして、発症時刻、発症者の年齢・性別職業等の発症状況に関する各データが格納されている。

【0045】記憶部8は、システム動作上必要なプログラムを記憶しておくばかりでなく、発症密度相関モデルや伝播速度相関モデル、そして、伝播シミュレーション解析結果を記憶する。この様に構成された解析システムの動作処理について、図10及び図11に示したフローチャートを用いて説明する。

【0046】図10のフローチャートは、感染症の伝播メカニズムを解析するための処理に関するものであり、発症密度解析と伝播速度解析とに分かれるので、発症密度解析の処理から説明する。まず、属性情報データベース6から、各区域単位の人口密度データを読み込む（ステップS1）。

【0047】一方、発症状況データベース7から、ポイントデータ、ラインデータ及びテキストデータを読み込み（ステップS6）、GIS上に各データを展開する（ステップS2）。ここで、発症密度解析手段31は、発症状況データベース7から読み込まれた当該感染症に係るポイントデータとテキストデータにより、GIS上

で、発症経過時間毎に各区域単位における発症者数を集計する。そして、区域単位毎に、かつ、発症時間経過毎に、集計された発症者数から各区域単位の発症密度を算出する（ステップS3）。

【0048】次に、発症密度相関モデル作成手段36は、発症密度が算出された区域単位に対応する各区域単位の人口密度を、地図属性情報データから選択し、算出された発症密度を当該区域単位の人口密度に関連付けて、発症時間経過毎で相関図にプロットし、そして、発症時間経過毎に、図7に示されるような人口密度に対する発症密度の相関関数 $F_{\rho}(x)$ を求める（ステップS4）。

【0049】これで、当該感染症に係る時系列の発症密度相関モデルが作成されたので、制御部2は、記憶部8に、時系列の発症密度相関モデルを記憶する（ステップS5）。相関モデルを記憶しておく、人口密度データの入力により、相関関数 $F_{\rho}(x)$ に従って、発症時間経過毎の人口密度に対する発症密度に関する指標を得ることができる。

【0050】次に、感染症の伝播速度解析の処理を行う。GIS上には、ステップS2において、区域単位毎に、発症状況データベース7からポイントデータ、ラインデータ及びテキストデータが展開されている。伝播速度解析手段32は、ある感染症の発症期間を指定し、ポイントデータ及びラインデータを検索して最も早い発症時刻の発症者を選定し、この発症者を第1号発症者と特定する（ステップS7）。

【0051】次いで、感染経路解析手段33は、第1号発症者に係るポイントデータ及びラインデータに基づいて地図情報に関連付け、図1に示されるように、行動経路をGIS画面に表示する（ステップS8）。画面X₁₁によれば、第1号発症者の行動経路RAが表示される。一方、伝播速度解析手段32は、ステップS7において、第1号発症者が選定されたならば、第1号発症者に次いで早い発症時刻の第2号発症者を発症状況データベースに基づき検索し特定する（ステップS9）。検索範囲は、第1号発症者の属する最小単位の1次区域単位から始め、当該1次区域単位内で該当する発症者が見つからない場合には、当該1次区域を含む次に広い2次区域単位に、それでも見つからない場合には、その3次区域単位に順次拡大する。

【0052】ただ、第2号発症者を検索したとき、当該発症者が第1号発症者の同居人であるか、又は当該発症者の発症時刻が、第1号発症者の発症時刻から、所定時間以上経過している場合には、感染による発症者ではないとして、指定した発症期間内での第2号発症者の検索を終了する。そして、次の発症期間を指定し、当該期間における第1号発症者の特定処理からやり直す。

【0053】感染経路解析手段33は、第2号発症者が見つかった場合には、当該発症者に係るポイントデータ

及びラインデータに基づいて、図2の画面X₁₂に示めされるように、第2号発症者の行動経路を第1号発症者の行動経路に重ね合わせ処理を行う（ステップS8）。そこで、重ね合わせ処理の結果、両者の行動経路に関して重なり場所を特定できる場合には、この重なり場所を伝播地と特定する（ステップS10）。この伝播地には、感染した施設等の地点、或いは感染経路が含まれ、記憶部8に記憶される。

【0054】しかし、ステップS8において、行動経路の重ね合わせ処理で、両者の行動経路が重ならないときには、ステップS9に戻り、発症時間が次に早い第2号発症者を特定し直す。そして、次の第2号発症者について行動経路の重ね合わせ処理を行い、当該発症期間における伝播地の特定を行う。ステップS10において、伝播速度解析手段32は、伝播地が特定されると、第1号発症者と第2号発症者の発症時刻から伝播時間を求め、さらに、GIS上から両者間の距離を求め（ステップS11）、この伝播時間と両者間の距離から、当該伝播地に係る伝播速度を算出する（ステップS12）。

【0055】ここで、発症状況データベース7に過去の発症事例が複数格納されている場合には、ステップS7に戻って、新たな発症期間を指定し、当該期間に於ける第1号発症者と第2号発症者とを特定し、ステップS7からステップS12の処理を繰り返す。そして、それぞれの発症期間に於ける伝播速度を算出する。次いで、ステップS12において、伝播速度を算出し終えたならば、伝播速度関連モデル作成手段37は、当該伝播地が属する1次区域単位をGIS上で求めて、当該区域単位の人口密度に対する伝播速度を相関関数中にプロットする。発症状況データベースに含まれる当該感染症の全過去事例の伝播速度に基づいて、当該感染症に関する人口密度に対する伝播速度の相関関数 $V(x)$ を求め、図6に示されるような伝播速度関連モデルを作成する（ステップS13）。

【0056】制御部2は、作成された伝播速度関連モデルを記憶部8に記憶する（ステップS5）。この相関モデルから、人口密度 x に対する伝播速度の指標を求めることができる。これまで、感染症の伝播メカニズムに関する発症密度と伝播速度の解析処理と、発症密度相関モデルと伝播速度相関モデルの作成処理について説明してきた。

【0057】次に、発症密度相関モデルと伝播速度相関モデルを用いて、感染症の伝播シミュレーション解析の処理について、図11のフローチャートを参照して説明する。ここでは、感染症が今回発症し始めたときに、これから、発症した感染症がどのように伝播していくかをシミュレーション解析する場合について説明する。ただ、この場合における伝播シミュレーション解析では、シミュレーション解析の前に、今回の発症事例に関する伝播解析を行うことになるので、図11に示した処理フ

ローの前半には、図10に示したと同様の発症密度及び伝播速度の解析処理が含まれる。そして、今回の発症事例が、発症密度相関モデルと伝播速度相関モデルの指標に反映されるようになっている。

【0058】まず、今回発症した感染症に関する発症状況データを医療機関から取得したものとする。この発症状況データには、最新の発症事例が含まれており、入力部1から最新の発症状況データを発症状況データベース7に格納しておく。また、人口密度データに変更がある場合には、属性情報データベース6の人口密度データを更新しておく。

【0059】次に、制御部2は、最新の発症状況データから該当するシミュレーション地域を指定してGISを起動する（ステップS20）。これは、入力部1からシミュレーション地域を指定することもできる。取り込まれた最新の発症状況データに基づく発症密度解析処理（ステップS22）は、図10のフローチャートにおけるステップS1乃至ステップS3と同様の処理であり、また、最新の発症状況データに基づく伝播速度解析処理（ステップS25）は、図10のフローチャートにおけるステップS6乃至ステップS12と同様の処理である。

【0060】そこで、発症密度相関モデル作成手段36は、ステップ22において求められた発症密度を、記憶部8に記憶されている時系列発症密度相関モデルに追加し、相関関数 $F_n(x)$ を修正する（ステップS23）。そのモデルが記憶部8に記憶される。また、伝播速度相関モデル作成手段37は、ステップS25において求められた伝播速度を、記憶部8に記憶されている伝播速度相関モデルに追加し、相関関数 $V(x)$ を修正する（ステップS26）。

【0061】次いで、シミュレーション解析手段35は、指定された地域に属する1次区域単位毎の人口密度に基づいて発症密度相関モデルから当該区域単位に該当する時系列発症密度を、そして、速度伝播相関モデルから当該区域に該当する伝播速度をそれぞれ求め、GIS上に各区域単位に該当データを設定する（ステップS27）。

【0062】ここで、シミュレーション解析手段35は、ステップS25における伝播速度解析処理の過程で、つまり、図10のステップS10で特定された伝播地を記憶部8から読み出し、シミュレーション解析の起点となる。この起点を感染源地として設定する（ステップS28）。なお、感染源地が、例えば、施設である場合には、その起点は、地図上では一点であるが、その感染源地が感染経路であり、地図上で線状である場合には、シミュレーション解析の起点がその線上に並んだ複数の起点と考えればよい。

【0063】入力部1から、シミュレーション時間の設定を行う（ステップS29）。これは、シミュレーショ

ン解析を当該感染症の発症時点からどの時点まで行うのかを決めるものである。シミュレーション時間が設定されると、シミュレーション解析手段35は、シミュレーション解析を開始する。まず、シミュレーション解析の起点である感染源地が属する当該1次区域単位を第1感染源区域とし、第1感染源区域の伝播速度を読み出し、該伝播速度と、発症経過時間 t_1 までの時間間隔 t とに基づいて、発症経過時間で伝播する距離を算出し、起点からの伝播距離範囲に含まれる第2の区域単位を選定し、第2感染源区域とする。このとき、その区域単位がこの範囲に含まれるかどうかの判断は、各区域単位の重心点位置を基準として行う。

【0064】次いで、第1及び第2感染源区域の全てについて、発症経過時間 t_1 の発症密度を読み出し、区域単位毎に発症経過時間 t_1 での発症者数を算出する。そして、第2感染源区域について、伝播速度を読み出す。さらに、第2感染源区域の伝播速度と、発症経過時間 t_1 から t_2 までの時間間隔 t とに基づいて、第2伝播距離を算出する。そして、また、第2感染源区域の重心点から第2伝播距離の範囲内にある第3の1次区域単位を選定し、第3感染源区域とする。ここで選定される第3感染源区域には、第1及び第2感染源区域を含めない。

【0065】そして、第1乃至第3感染源区域の全てについて、発症経過時間 t_2 の発症密度を読み出し、区域単位毎に発症経過時間 t_2 での発症者数を算出する。ここにおいても、第3感染源区域の伝播速度を読み出し、第3伝播距離を算出する。この様な処理手順により、発症経過時間が設定したシミュレーション時間になるまで、この処理が繰り返され、発症時間経過毎の発症者数が算出される(ステップS30)。

【0066】なお、感染源地が感染経路の場合には、第1伝播距離が複数の起点毎に算出され、第2感染源区域の選択は、複数の起点からそれぞれ延びる第1伝播距離の範囲内で行われる。これまでに算出された発症時間経過毎の発症者数に基づいて、出力部4の画面に、感染症の伝播状態を表示する。その具体例を、図12乃至図14に示した。ここでは、伝播地が施設である場合について、各区域単位の発症者数の多さに応じて、区域単位毎に斜線密度に差をつけて示し、発症経過時間が経つにつれて発症者数の推移を表示した。

【0067】図12に示した画面 X_{31} では、感染源地を起点Aとし、発症経過時間 t_1 における伝播状態を示している。図13に示した画面 X_{32} では、発症経過時間 t_2 における状態を、そして、図14の画面 X_{33} では、発症経過時間 t_3 の状態を示しており、鉄道に沿った人口密度が高い方向に発症者数が多くなっていることを示している。

【0068】なお、図12乃至図14では、感染の伝播状態を、発症経過時間を追って、発症者数の多さを区域単位毎の濃淡で表したが、濃淡でなく色別でもよく、ま

た、伝播速度を区域単位の重心点によって結んだ等値線で表してもよい。そして、各画面を発症経過時間に応じたコマ送りで順次表示してもよい。さらに、出力部4でプリントアウトしてもよい。

【0069】これまで説明では、今回発症した感染症がどのように伝播していくかをシミュレーション解析する場合についてであったが、今回発症したことに関係なく、感染を想定した伝播地を設定してシミュレーション解析を行うことができる。この場合には、図11に示されたフローチャートにおいて、ステップS21乃至ステップS26の処理を必要としない。

【0070】ステップS20において、感染を想定した伝播地を含むシミュレーション地域を指定し、ステップS21において、シミュレーション地域に含まれる各区域単位の時系列発症密度を記憶されている発症密度相関モデルから各区域単位の人口密度に対応して、また、伝播速度を伝播速度相関モデルから各区域単位の人口密度に対応してそれぞれ求め、GIS上にそれらのデータを設定する。

【0071】ステップS28では、想定した感染源地を設定すればよく、以降のシミュレーション解析処理は、ステップS29からステップS31までと同様である。この様にして感染症の伝播をシミュレーション解析した結果については、保存するため、記憶部8に記憶する(ステップS32)。保存しておけば、再度シミュレーション解析を行わなくとも、いつでも再表示することができる。

【0072】以上のように、本実施形態による感染症伝播解析システム及び感染症伝播シミュレーションシステムによれば、感染症の感染について、発症者の日常行動における発症者間の接触を視点として、感染症の伝播メカニズムについて、時系列発症密度と伝播速度に基づいた解析システムを提供できる。本実施形態による感染症伝播シミュレーションシステムをGISに適用しているので、感染症サーベイランスGISとして構築することができ、例えば、感染症に係る発症者数を簡単に予測することができ、ワクチンの需要量を把握しやすく、その開発を容易にしている。また、適切な薬剤の確保等が可能となる。特に、周期的に流行する感染症の場合には、事前に予防措置を講じ易くなるため、社会経済面での損失を防げる。

【0073】

【発明の効果】本発明では、感染症固有の伝播メカニズムを解析できるシステムを提供でき、さらに、伝播メカニズムの解析によって、感染症伝播に係る発症密度相関モデルと伝播速度相関モデルを作成でき、これらのモデルを用いて感染症伝播のシミュレーション解析を行うことができるシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】発症者による行動経路の一例を示す図である。

【図2】図1に示した発症者による行動経路に他の発症者による行動経路を重ねて表示した図である。

【図3】図2に示した行動経路において、感染経路を表示した例を示す図である。

【図4】発症者による行動経路の他の例を示す図である。

【図5】図4に示した発症者による行動経路に他の発症者による行動経路を重ね、感染地点を表示した図である。

【図6】本実施形態による感染症伝播解析システム及びそのシミュレーションシステムのブロック構成を示す図である。

【図7】図6に示された解析部の詳細ブロック構成を示す図である。

【図8】本実施形態における発症密度解析及び伝播速度解析に関する処理のフローチャートを示す図である。

【図9】人口密度に対する発症密度の相関モデルの例を時系列によるプロット図で示した図である。

【図10】人口密度に対する伝播速度の相関モデルの例をプロット図で示した図である。

【図11】本実施形態におけるシミュレーション解析に関する処理のフローチャートを示す図である。

【図12】シミュレーション解析結果について画像表示した例を示し、発症の第1段階を表示した図である。

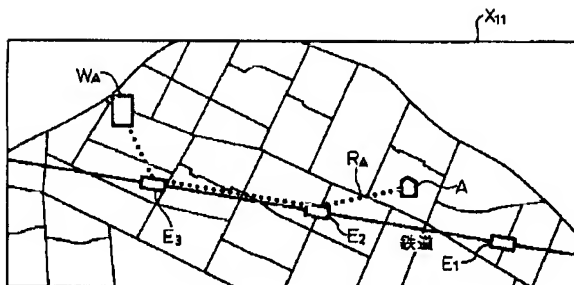
【図13】図12の画像表示に続くものであり、発症の第2段階を表示した図である。

【図14】図13の画像表示に続くものであり、発症の第3段階を表示した図である。

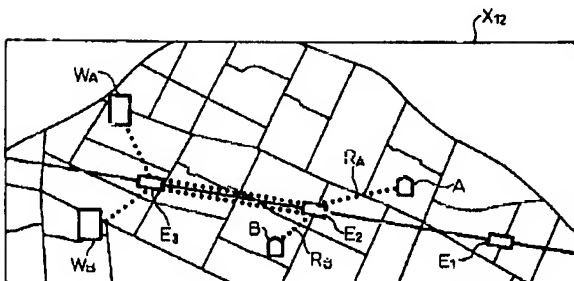
【符号の説明】

- 1…入力部
- 2…制御部
- 3…解析部
- 31…発症密度解析手段
- 32…伝播速度解析手段
- 33…感染経路解析手段
- 34…伝播地設定手段
- 35…シミュレーション解析手段
- 36…発症密度相関モデル作成手段
- 37…伝播速度相関モデル作成手段
- 4…出力部
- 5…地図情報データベース
- 6…属性情報データベース
- 7…発症状況データベース
- 8…記憶部

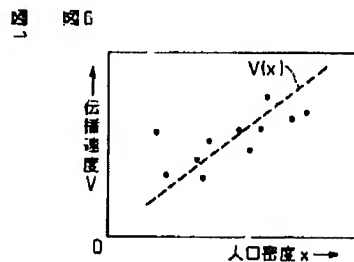
【図1】



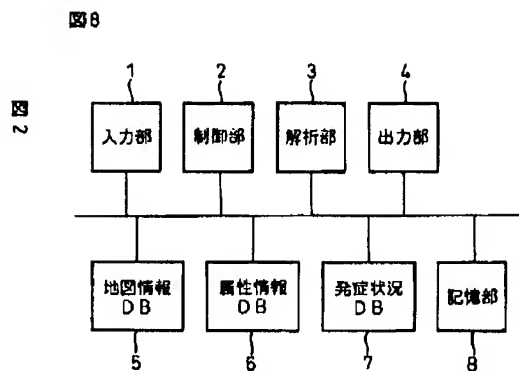
【図2】



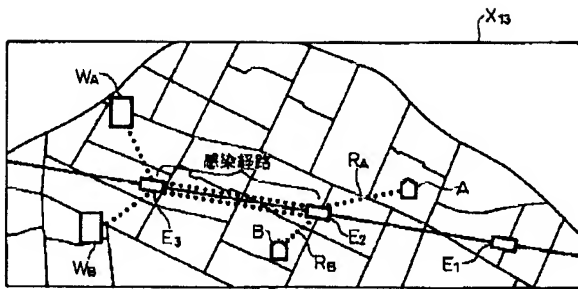
【図6】



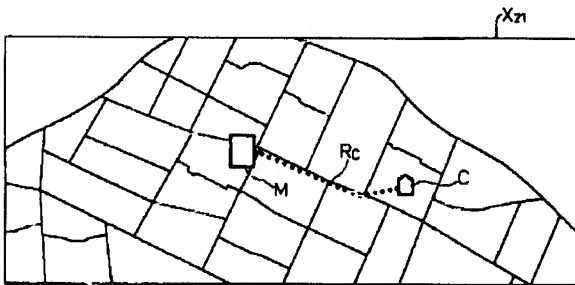
【図8】



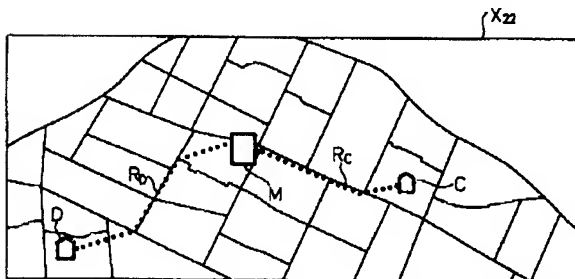
【図3】



【図4】



【図5】



【図9】

図 図9

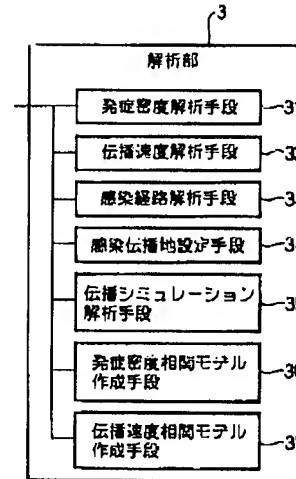
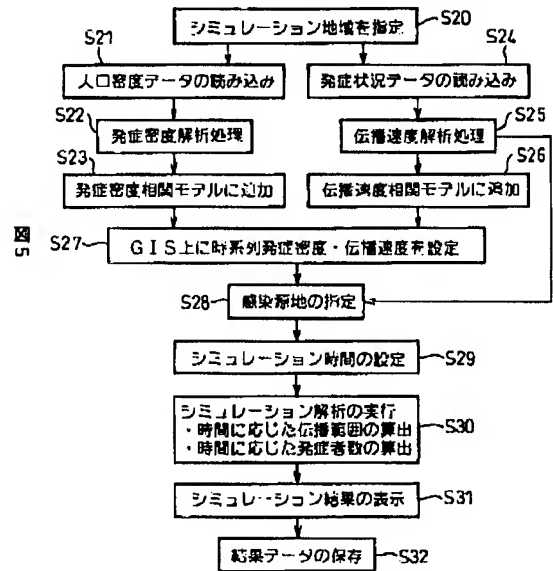


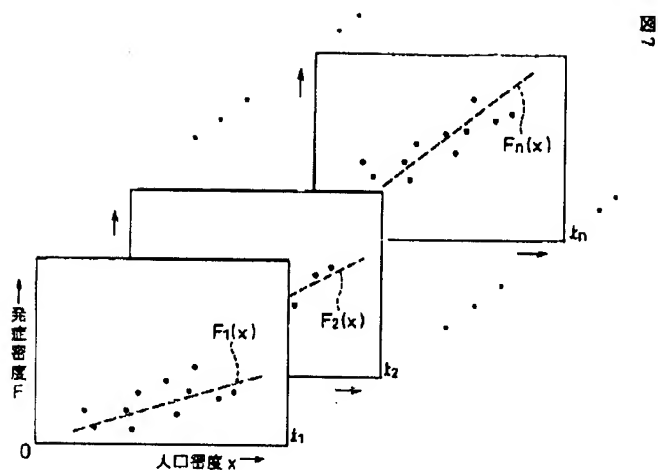
図 1

【図11】

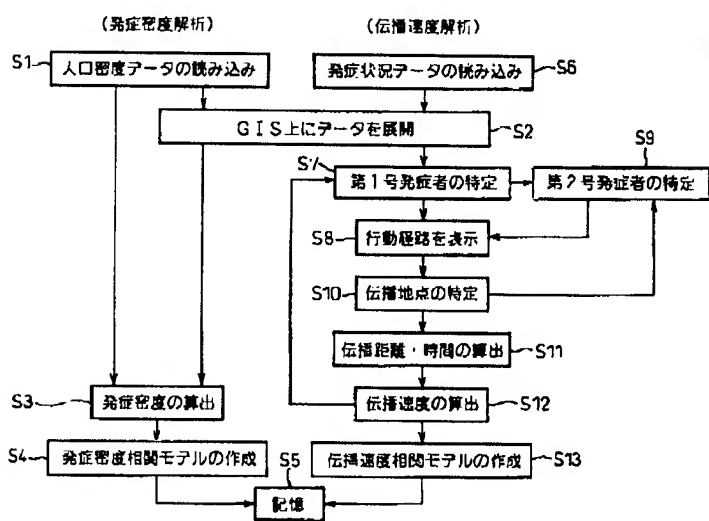
図 11



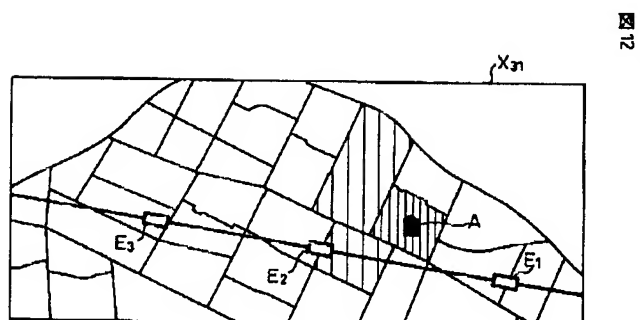
【図7】



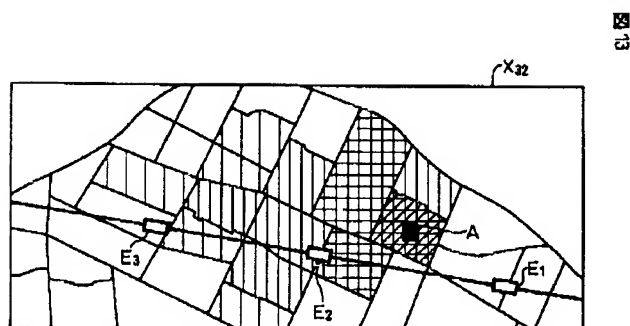
【図10】



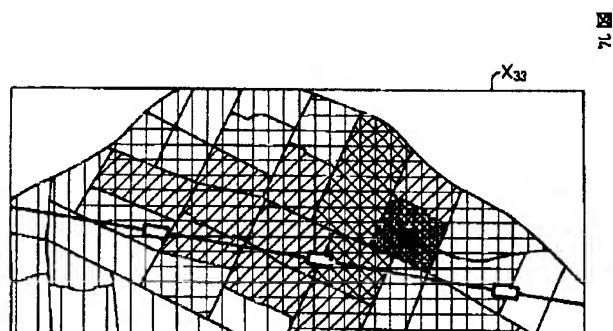
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 三浦 勝
東京都目黒区東山1-1-2 株式会社パ
スコ内

(72)発明者 有馬 大輔
東京都目黒区東山1-1-2 株式会社パ
スコ内

(72)発明者 倍田 賢一
東京都目黒区東山1-1-2 株式会社パ
スコ内

(72)発明者 柴田 不二子
東京都目黒区東山1-1-2 株式会社パ
スコ内